

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-49649

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)3月11日

H 02 K 55/04

8325-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 超電導回転電機の回転子

⑯ 特 願 昭59-170186

⑰ 出 願 昭59(1984)8月15日

⑱ 発 明 者 服 部 和 治 横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝京浜事業  
所内⑲ 発 明 者 村 上 俊 明 横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝京浜事業  
所内

⑳ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

超電導回転電機の回転子

## 2. 特許請求の範囲

外部からの磁束を遮へいする回転子外筒体を有する超電導回転電機の回転子において、上記回転子外筒体は、高強度非磁性材からなる内筒体の肉厚部に、この軸方向に複数個の孔又は溝を等間隔に形成し、この各孔又は各溝に銅棒を挿入し、この銅棒の端部に短絡環を接合したことを特徴とする超電導回転電機の回転子。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔発明の技術分野〕

本発明は冷却剤として液体ヘリウムを使用する超電導回転電機における回転子に係り、特にこの回転子における回転子外筒体の構造の改良に関する。

## 〔発明の技術的背景〕

既に提案されているこの種の超電導タービン発電機のような超電導回転電機に用いられる回転子

は、外部からの磁束の外乱に対して遮へい機能を有する回転子外筒体を構成している。この回転子外筒体は、短絡時に大きな電磁力を受けるため、三層のダンパー構成になっている。

即ち、既に提案されているこの種の超電導回転電機の回転子は、第4図及び第5図に示されるように構成されている。すなわち、1は、回転子における冷却媒体としての液体ヘリウム2を内蔵した回転子内筒体であって、この回転子内筒体1の外周には、常温ダンパー3aとこの常温ダンパー3aを内外周から補強する補強筒体3b、3cとで構成される回転子外筒体3が間隙を存して設けられており、上記回転子内筒体1の一端部に付設されたトルクチューブ4aは、例えば、固定ボルト(図示されず)で一方の駆動シャフト13aに固着されている。又、上記回転子内筒体1の他端部に付設されたトルクチューブ4bは、熱膨張を吸収する、例えば、ペローズによる熱伸縮材5を介して他方の駆動シャフト13bに連結されている。さらに、上記回転子内筒体1内に内蔵される

液体ヘリウム2は、上記撚りシャフト13a内を引き通された液体ヘリウムの供給管6を通して供給されており、この回転子内筒体1内に供給された液体ヘリウムは、上記回転子内筒体1及びこれらの真空室を冷却して仕事をした後、図示されない還流管を通して図外へ排出するようになっている。

一方、上記回転子内筒体1内には、第5図に拡大して示されるように、多数のコイル溝7が放射方向に一定のピッチ間隔を存して形成されており、この各コイル溝7には、楔体9や絶縁スペーサ10を備えた超電導コイル8が挿入されている。又、上記回転子内筒体1の両端部に設けられた一対の超電導コイル11は、遠心力や電磁力に対して強固な保持筒体12によって図着されており、この保持筒12の外周に位置する上記回転子外筒体3の両端部は、上記両撚りシャフト13a, 13bに固定ボルト(図示せず)によって図着されている。さらに、上記回転子外筒体3は、真空室を形成した真空容器を兼ねており、しかも、外部からの交

流磁界の浸透や負荷変動時の磁束の外乱に対して高感し得るダンパー構造をなしており、この回転子外筒体3は、第7図の応力分布のベクトルに示されるように、円筒状をなす常温ダンパー3aの内周及び外周に各補強筒体3b, 3cを爆着又は焼炭によって一体的に積層して構成されている。

特に、上記常温ダンパー3aは、発電機の短絡時に大きな電磁力Pを受ける。

即ち、これを数式で表わすと、

$$P = P_1 + P_2 \cos 2\theta$$

但し、 $P_1$ は定常圧力であり、 $P_2$ は、第6図の常温ダンパー3aの受ける電磁力であって、これは、上記常温ダンパー3aの一周に対して円周方向の角度を $\theta$ とし、 $\cos 2\theta$ で分布する圧力である。

このため、上記常温ダンパー3a及び上記両補強筒体3b, 3cから構成される上記回転子外筒体3は、楕円形に変形する動きをし、第6図に示されるA点及びB点で反転する曲げ応力が生じる。この曲げ応力は、商用磁ベースの電磁力を用いて

計算して、第7図に示されるように、常温ダンパー3aに対しては、約20~30 $\text{kg}/\text{mm}^2$ 程度であり、又、上記各補強筒体3b, 3cには、約70~80 $\text{kg}/\text{mm}^2$ 程度である。

そこで、これらの最大応力に耐えるためには、上記常温ダンパー3aについては、高強度の新出硬化形の鋼合金(降伏応力 $\sigma_y \approx 40\text{kg}/\text{mm}^2$ 程度)を使用し、上記各補強筒体3b, 3cについては、高強度の非磁鋼(降伏応力 $\sigma_y \approx 100\text{kg}/\text{mm}^2$ 程度)を用いられている。

なお、上記常温ダンパー3aの内厚dは、下記の式で求められる。

$$d = \sqrt{\frac{2}{\pi \mu \sigma}}$$

但し、 $\nu : 2\pi f$ 、 $f$ :周波数、 $\mu$ :透磁率、 $\sigma$ :導電率を示す。

従って、上記常温ダンパー3aの内厚dは、交流磁界に対して、約10Hz以上をカットするとして、約15~25mm程度とし、上記両補強筒体3b, 3cの内厚は、短絡力に対する剛性を受け

持つ関係上、約25~35mm程度の肉厚に選定されている。

このように、三重図で構成された上記回転子外筒体3の製造方法としては、(I). 予め、常温ダンパー3aとなる鋼板と両補強筒体3b, 3cとなる非磁性板を度ねて、爆着又は接着し、これを円筒状に丸めて接合面を接合する方法、(II). 予め、一本の鋼筒体とこれに嵌合する2本の磁性筒体とを用意し、これらを嵌合して三重図を形成するように爆着して一体に接合する方法、(III). 上記三筒体を炭装した後、焼炭又はロー付によって接合する方法が提案されている。

#### [背景技術の問題点]

上記の回転子外筒体3は、常温ダンパー3aの内周及び外周に補強筒体3b, 3cを爆着又は焼炭又はロー付等の単一又は組合せにより製造されているが、補強筒体3b, 3cおよび常温ダンパー3aの密着性については信頼性に欠ける。特に商用磁となると6m程度の長尺になり全面を完全に密着させることはさらに難しくなる。補強筒

体3b、3cと常温ダンパー3aの密着性が悪い場合、短絡時に第7図の様な応力が負荷され、常温ダンパー3aが塑性変形し、回転バランスがくずれ使用不能となる。

#### 【発明の目的】

本発明は上記した問題点を解決するためなされたもので、発電機の短絡時に生じる大きな電磁力に抗しうる信頼性の高い超電導回転機の回転子を提供することを目的とする。

#### 【発明の概要】

本発明は上記目的を達成するために回転子外筒体として、高強度非磁性材からなる円筒体の肉厚部に、軸方向に複数個の孔又は溝を等間隔に形成し、この各孔又は各溝に銅棒を挿入し、この各銅棒の端部に短絡環を接合したことを特徴とする超電導回転機の回転子である。

#### 【発明の実施例】

以下、本発明について図面を参照して説明する。第1図および第2図は本発明の一実施例の回転子外筒体を軸方向端部から見た図および軸方向断面

と

$$19905 \div 16 = 1244 \text{ mm}^2$$

$$(1244 \div 3.1415)^{1/2} = 19.9$$

一本の銅棒33の直径は40mm以上が必要である。銅棒33の数を倍の32本にすると1本の銅棒33の直径は28mm以上となる。

以上述べた構造の回転子外筒体30によれば次の効果が得られる。従来の3層構造の回転子外筒体では密着性に関し、信頼性に欠けるところがあったが、上記した回転子外筒体30は強度面は円筒体31で受け持ち、銅棒33はその円筒体31の孔32に挿入されているのみである。したがって、短絡時においても円筒体31をだ円にする様な応力が負荷されても強度的に必要な肉厚を有しておれば何ら心配ない。又、銅棒33と円筒体31は最初から挿入されているのみで、密着していない。故に円筒体31が変形しないかぎり、回転バランスがくずれることはなく、はく離の心配はなく、より信頼性が高くなる。

第3図は本発明の他の実施例の回転子外筒体を

#### 特開昭61-49649(3)

図である。すなわち、回転子外筒体30は、高強度非磁性材（例えばインコネル合金、A286を冷間加工後焼硬処理したもの）からなる円筒体31の肉厚中央部に、この軸方向にトレパニング装置等により所定断面積以上の円形孔32を複数個等間隔に形成し、この各孔32に銅棒33をそれぞれ挿入し、各銅棒の両端部に短絡環34をそれぞれ接合したものである。

上記回転子外筒体30は外部からの電磁シールドに主眼をおくと、この肉厚として最低8mmあればよいと言われている。したがって、上記のように銅棒の構造にする場合、軸方向の銅の断面積の合計が同じになる様に、一本一本の断面積および本数を設定する。

例えば、従来の構造回転子外筒体の外径を800mmとすると、回転子外筒体の断面積は

$$\pi(400^2 - (400 - 8)^2)$$

$$= 19905$$

19905mm<sup>2</sup>となる。

この断面積を、16本の銅棒33で置き換える

軸方向端部から見た図である。すなわち、円筒体31が、長尺になり孔明け作業が困難な場合、円筒体31内面側から中央部に向けてスリット溝35を複数個加工し、このスリット溝35に断面矩形状の銅棒36をそれぞれ挿入し、この後、各銅棒36を固定するためにそれぞれフタ37を挿入し、ボルト38で固定したものである。この場合、孔明け加工と異なり、その形状は断面円形ばかりでなく、長方形とか扇形とかだ円形とか三角形等種々の形状の銅棒を使用することができる。

なお、上記フタ37はボルト38に固定せず、フタ37の周囲を溶接するようにしてもよい。

#### 【発明の効果】

本発明によれば回転子外筒体として、高強度非磁性材からなる円筒体の肉厚部に、この軸方向に複数個の孔又は溝を形成し、この各孔又は各溝に銅棒を挿入し、この銅棒の端部に短絡環を接合したので、従来の3層構造の回転子外筒体の様に短絡時の大きな応力に対し変形しはく離の心配は全くなく、従ってより信頼性の高い超電導回転機

4—短絡環、35—スリット溝、37—フタ、38—ボルト。

の回転子が提供できる。

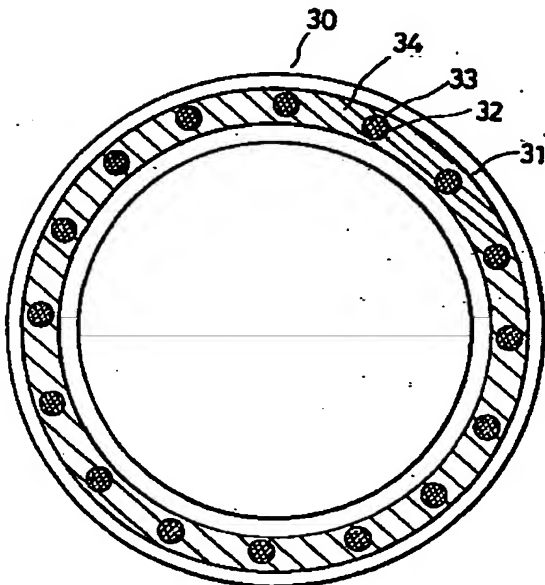
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明による超電導回転電機の実施例の回転子外筒体を軸方向端部から見た図および軸方向断面図、第3図は本発明による他の実施例の回転子外筒体の軸方向端部から見た図、第4図および第5図は既に提案された超電導回転電機の回転子の軸方向および軸方向とは直角方向に見た概略構成図、第6図は第4図、第5図の常温ダンパーの短絡時に受ける電磁力を説明するための図、第7図は第6図のB点における応力分布図である。

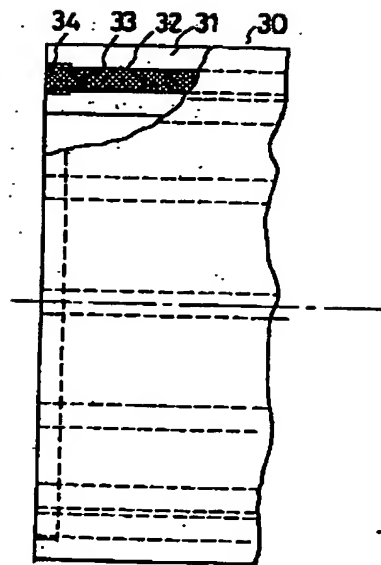
1—液体ヘリウム、2—回転子内筒体、3—回転子外筒体、3a—常温ダンパー、3b—補強筒体、3c—補強筒体、4a、4b—トルクチューブ、5—熱伸縮材、6—供給管、7—コイル溝、8—超電導コイル、9—視体、10—絶縁スペーサ、11—超電導コイル、12—保持筒体、13a、13b—駆動シャフト、30—回転子外筒体、31—円筒体、32—孔、33、36—銅棒、3

出願人代理人 弁理士 錦江武彦

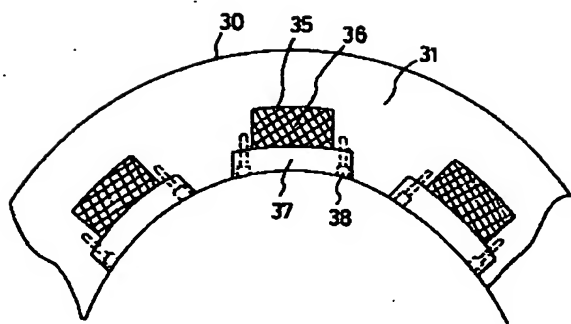
第 1 図



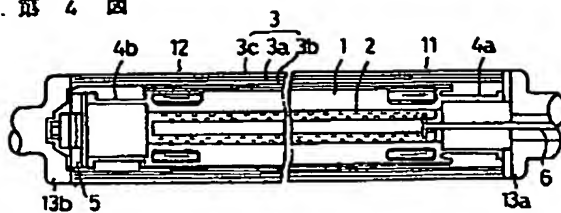
第 2 図



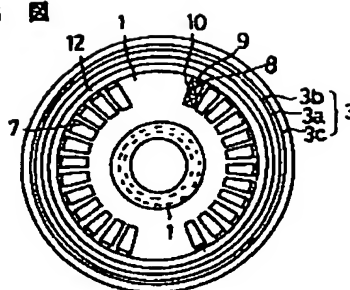
第 3 圖



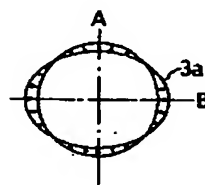
第 4 圖



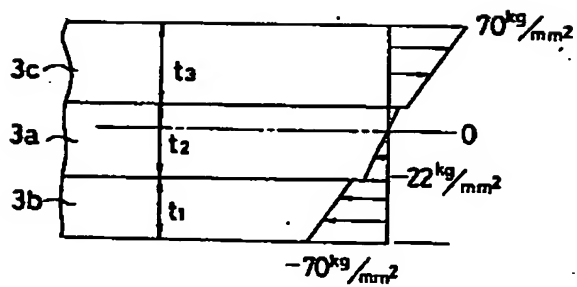
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



PAT-NO: JP361049649A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 61049649 A

TITLE: ROTOR FOR SUPERCONDUCTING ROTARY  
ELECTRIC MACHINE

PUBN-DATE: March 11, 1986

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HATTORI, KAZUHARU

MURAKAMI, TOSHIKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOSHIBA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP59170186

APPL-DATE: August 15, 1984

INT-CL (IPC): H02K055/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a rotor for resisting a great electromagnetic force generated at the short-circuit time of a generator, by a method wherein a plurality of copper rods are inserted at equal intervals through the

thickness

section of the cylindrical unit made of non-magnetic substance of high strength

for the outer shell for a rotor and wherein the ends of the copper rods are

formed to be jointed by short-circuit rings.

CONSTITUTION: An outer shell 30 for a rotor provided outside the rotor for

shielding magnetic flux from outside is formed with a cylindrical unit 31 made

of non-magnetic substance of high strength. And a plurality of slots 32 or

grooves are provided at equal intervals for the thickness section of the cylindrical unit 31 and copper rods 33 are inserted through the slots or grooves, and the both ends of each copper rod are arranged to be integrated

together by short- circuit rings 34. As a result, any deformation, exfoliation, or the like is not generated also at the short-circuited time of a

generator, and the reliability is heightened because an electromagnetic shield

effect is applied to the squirrel- cage copper rods 34 and mechanical strength

is applied to the cylindrical unit 31.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio